



18 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Gebrauchsmusterschrift
10 DE 200 19 915 U 1

61 Int. Cl. 7:
G 06 T 5/00

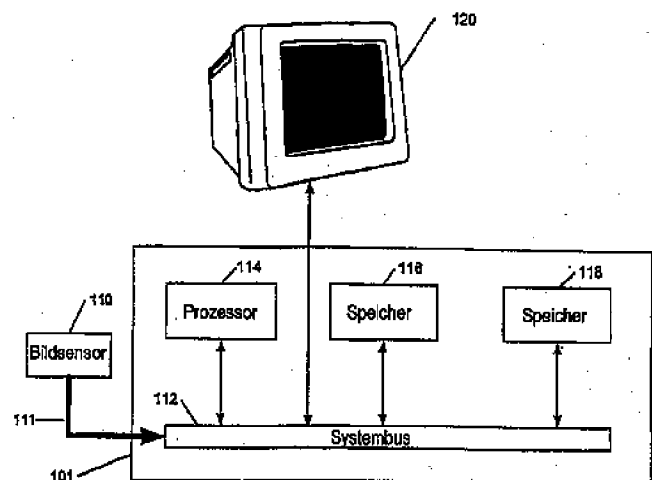
21 Aktenzeichen: 200 19 915.3
22 Anmeldetag: 24. 11. 2000
47 Eintragungstag: 12. 4. 2001
43 Bekanntmachung
im Patentblatt: 17. 5. 2001

DE 200 19 915 U 1

- 30 Unionspriorität:
464364 15. 12. 1999 US
- 73 Inhaber:
Logitech Inc., Fremont, Calif., US
- 74 Vertreter:
Hofstetter, Schurack & Skora, 81541 München

54 Dynamische Erkennung und Korrektur von anomalen Pixeln

- 57 System zum Erkennen und Korrigieren von fehlerhaften Pixeln in Rohdaten, die von einem Bildsensor gewonnen werden, der zum Erhalten eines digitalisierten Bildes verwendet wird, wobei die Rohdaten normale Pixel und fehlerhafte Pixel enthalten, wobei das System ausgelegt ist, die folgenden Schritte durchzuführen:
- (a) Empfangen eines Rohdatensignals für jedes Pixel in dem Bild;
- (b) Berechnen eines Helligkeitswerts für jedes von dem Bildsensor empfangene Pixel;
- (c) Berechnen eines lokalen Helligkeitswerts für jedes von dem Bildsensor empfangene Pixel;
- (d) Berechnen einer lokalen Helligkeitsabweichung des Helligkeitswerts von dem lokalen Helligkeitswert für jedes vom Bildsensor empfangene Pixel;
- (e) Festlegen einer Abweichungsschwelle;
- (f) für jedes vom Bildsensor empfangene Pixel Vergleich seiner lokalen Helligkeitsabweichung mit der Abweichungsschwelle und Festlegen von Pixeln mit lokalen Helligkeitsabweichungen, die größer sind als die Abweichungsschwelle, als fehlerhafte Pixel;
- (g) Aufzeichnen des Orts der fehlerhaften Pixel in einer statistischen Datenbank;
- (h) Aufzeichnen der Häufigkeit des Auftretens der fehlerhaften Pixel in der statistischen Datenbank; und
- (i) Korrigieren des Helligkeitswerts der fehlerhaften Pixel, vorausgesetzt, daß die Korrektur durch Tendenzen von der statistischen Datenbank gerechtfertigt ist.



DE 200 19 915 U 1

21.02.01

Anmeldungstext für die Eintragung des Gebrauchsmusters

DE 200 19 915 U1

5 DYNAMISCHE ERKENNUNG UND KORREKTUR VON ANOMALEN PIXELN

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

10

Die vorliegende Erfindung betrifft digitale Standbild- oder Videokameras, die eine Halbleiter-Bildaufnahmevorrichtung verwenden, und insbesondere Verfahren und Systeme, die zum Erkennen und Korrigieren von fehlerhaften Pixeln, welche von einer Halbleiter-Bildaufnahmevorrichtung erhalten werden, verwendet werden.

15

Die Grundlage der digitalen Abbildung ist der Bildsensor. Genau wie bei einer üblichen Kamera tritt Licht in eine digitale Standbild- oder Videokamera durch eine von einer Blende gesteuerte Linse ein. Wenn sich die Blende öffnet, fängt die digitale Kamera Licht auf einem Bildsensor – einem elektronischen Halbleiterbauelement – auf, anstatt einen Film zu belichten. Bildsensoren enthalten ein Raster von mikroskopischen Photostellen oder Pixeln. In einer Kamera kann jede Photostelle auf dem Bildsensor ein Pixel eines digitalisierten Bildes darstellen. Zwei Arten von Bildsensoren, die auf dem Gebiet der digitalen Abbildung ziemlich weit verbreitet sind, sind die Bildsensormatrizes mit ladungsgekoppelten Bauelementen (CCD) und komplementären Metalloxidhalbleitern (CMOS). Diese Bildsensoren können irgendwo von einigen Hundert bis Millionen von Photostellen enthalten, um Licht, das auf sie scheint, in kleine elektrische Ströme umzuwandeln, die elektronisch verarbeitet und interpretiert und schließlich verwendet werden können, um ein Zielbild auf einer Anzeigevorrichtung wiederherzustellen und anzuzeigen.

30

Die zum Herstellen dieser Bildsensoren verwendeten Verfahren sind, obwohl sie sehr fortschrittlich sind, nicht perfekt. Photostellen in einer Bildsensormatrix können in ihrer Empfindlichkeit oder Fähigkeit, Licht in elektrische Ströme umzuwan-

deln, schwanken. Eine gewisse Schwankung wird erwartet und ist tolerierbar, aber bei Gelegenheit können einzelne Photostellen in einer Matrix tot, inaktiv oder überaktiv sein. Dies kann zu einem angezeigten Bild mit einem dunklen oder schwarzen Punkt, hellem weißen Punkt oder einem Punkt mit falscher Farbe führen, die für den Endverbraucher alle ungewollt und unerwünscht sind. Diejenigen auf dem Gebiet der digitalen Abbildung haben auch die Probleme erkannt, die durch eine falsche Digitalisierung von Zielbildern verursacht werden, und haben verschiedene Lösungen zum Erkennen und Korrigieren von fehlerhaften Pixeln vorgeschlagen. Diese Verfahren und Systeme des Standes der Technik können grob in zwei Gruppen eingeteilt werden.

Einerseits gibt es verschiedene Verfahren auf Hardwarebasis zum Erkennen und Korrigieren von fehlerhaften Pixeln, die aus einer Bildsensormatrix gewonnen werden. Diese Verfahren und Systeme auf Hardwarebasis sind für Videokamerahersteller ziemlich üblich. Die meisten herkömmlichen Videokameras, die eine Halbleiter-Bildaufnahmevorrichtung verwenden, beinhalten eine Erkennungs- und Korrekturschaltung für fehlerhafte Pixel zum Korrigieren von fehlerhaften Pixeln, die aus einer Bildsensormatrix gewonnen werden. Die fehlerhaften Pixel werden erzeugt, wenn oder nachdem die Bildsensormatrix hergestellt wird bzw. wurde. In einer solchen Kamera erkennt eine Korrekturschaltung für fehlerhafte Pixel ein fehlerhaftes Pixel und speichert die Positionsdaten und verschiedene Daten hinsichtlich des fehlerhaften Pixels in einem Festwertspeicher (ROM) oder dergleichen. Wenn die Videokamera in Gebrauch ist, dann werden die Pixeldaten von dem fehlerhaften Pixel durch Daten von einem Pixel nahe dem fehlerhaften Pixel ersetzt. Ein solches Verfahren und System ist im US-Pat. Nr. 5 796 430 offenbart. Der Nachteil solcher Methoden ist der Bedarf, Speicherbauelemente während der Produktmontage und -prüfung einzubauen und zu programmieren, was Kosten und Verzögerungen hinzufügt. Außerdem steigen auch die Hardwarevorrichtungskosten aufgrund des Bedarfs, die Korrekturschaltung oder -logik zu der anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (ASIC) für die Videoverarbeitung hinzuzufügen.

Andererseits gibt es verschiedene Verfahren auf Softwarebasis zum Erkennen und Korrigieren von fehlerhaften Pixeln in digitalen Bildern. Ein solches Verfahren

und System ist im US-Pat. Nr. 5 982 946 offenbart. Solche Verfahren auf Softwarebasis zielen im allgemeinen auf die Korrektur von schlechten Bildpixeln in einem bereits digitalisierten und vollständig verarbeiteten Bild ab. Diese bereits digitalisierten Bilder liegen in ihren anzeigbaren und gespeicherten Endformen vor, die bereits eine Farbverarbeitung, Komprimierung und verschiedene andere Verarbeitung durchlaufen haben, die an den Rohdaten ausgeführt werden, welche aus einer Bildsensormatrix ausgelesen werden. Daher können solche Verfahren auf Softwarebasis, die vollständig verarbeitete digitale Bilder behandeln, anomale Pixel, die durch eine beliebige Anzahl von Bildfehlern, wie z.B. Staub oder Schmutz auf der Originalszene, Staub oder Schmutz auf der Linse, die zum Erfassen der Szene verwendet wurde, verursacht werden, sowie anomale Pixel in dem digitalisierten Bild, die durch fehlerhafte Photostellen verursacht wurden, korrigieren. Diese Verfahren beruhen typischerweise auf ziemlich hochwertigen und teuren Systemen und Computersoftware, um schlechte Pixel zu erkennen und zu korrigieren. Diese Verfahren erfordern im allgemeinen eine Benutzereingabe, um die Stelle der potentiell schlechten Bildpixel zu erkennen. Wenn der Benutzer ein ganzes Bild einmal visuell abgerastert und potentiell schlechte Bildpixel gekennzeichnet hat, übernimmt das System, welches das Softwareprogramm enthält, die Korrektur der gekennzeichneten fehlerhaften Pixel. Neben dem Erfordernis der Benutzereingabe sind solche Methoden auch teuer, ermüdend und sehr zeitaufwendig.

Die Ausbreitung von preisgünstigen, mit einem PC über eine Schnittstelle koppelnden digitalen Standbild- und Videokameravorrichtungen erfordert Lösungen zur schnellen, dynamischen, preisgünstigen und intelligenten Erkennung und Korrektur von fehlerhaften Pixeln.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren und ein System zum dynamischen Erkennen und Korrigieren von anomalen Pixeln in den Rohdaten, die aus einer Bildsensormatrix gewonnen werden, wie z.B. einer CCD- oder einer CMOS-Sensormatrix, bereit, wobei somit die Verwendung von „dummen“ Kameras zum Erfassen von digitalen Bildern zur anschließenden Verwendung von einem intelli-

genten Hauptrechner – wie z.B. deren Anzeige auf einem Computermonitor – ermöglicht wird. Diese Erfindung verwendet Softwarealgorithmen, die auf einem intelligenten Hauptrechnerprozessor laufen, um die anomalen Pixel in den Rohdaten, die aus einer Bildsensormatrix, die für diejenigen in einer digitalen Standbild- oder Videokamera typisch ist, gewonnen werden, dynamisch zu korrigieren. Die Bildsensor-Rohdaten sind das unverarbeitete Helligkeitsdaten-Ausgangssignal, das vom Bildsensor erhalten wird und das keine verlustbehaftete Komprimierung oder Farbverarbeitung durchlaufen hat. Der Bildsensor liest eine analoge Spannung oder einen analogen Strom, wandelt in digital um und sendet das Signal ohne Weiterverarbeitung oder Komprimierung zu einem Hauptrechner. Die Photostellen auf dem Bildsensor werden verwendet, um entweder digitale Farb- oder Monochrom-Stand- oder -Videobilder zu erfassen. Die Bildrohdaten werden über einen Bus mit einer Datenübertragungsrate, die durch das Busprotokoll des speziellen Busses, wie z.B. eines universellen seriellen Busses (USB) oder eines parallelen Anschlusses, festgelegt ist, zum intelligenten Hauptrechner gesandt. Die gesamte Bildverarbeitung wird von der Kamera zum intelligenten Hauptrechner verlagert. Unter Verwendung der Kombination mit einer „dummen“ Kamera, die Rohdaten zu einem intelligenten Hauptrechner liefert, welcher die gesamte anschließende Bildverarbeitung ausführt, arbeitet das System durch Abtasten eines Vollbildes nach Pixeln, die um mehr als ein festgelegtes Ausmaß in ihrem Helligkeitswert von ihren benachbarten Pixeln abweichen, und durch Kennzeichnen derselben als fehlerhafte Pixel. Der Ort und die Häufigkeit der Photostellen, die die fehlerhaften Pixel senden, werden in einer statistischen Datenbank im Speicher des Computers gespeichert. Der Helligkeitswert eines fehlerhaften Pixels wird dann durch einen lokalen Helligkeitswert, der von den benachbarten Pixeln des fehlerhaften Pixels erhalten wird, ersetzt. Das Verfahren umfaßt eine Video- unterabtastung, was bedeutet, daß die Erkennung von fehlerhaften Pixeln mit einer vorbestimmten Vollbildrate ausgeführt und wiederholt wird, um eine optimale Erkennung und Korrektur mit einem minimalen Abtastniveau sicherzustellen. Eine statistische Datenbank wird verfolgt, so daß wahrhaft anomale Pixel mit der Zeit von der falschen Erkennung von echten Anomalien im Zielbild, Beleuchtung oder anderen durch die Umgebung induzierten Anomalien unterschieden werden können.

Der Softwarealgorithmus wird absichtlich sehr einfach gehalten, so daß die Prozessorlast und/oder die Videobildrate minimal beeinflußt wird. Erstens wird der Softwarealgorithmus einfach gehalten, da er nur drei Funktionen erfüllt, nämlich die Erkennung, Korrektur und Statistikfunktionen. Die Statistikroutine wird einfach gehalten, da nur Positionsinformationen und die Häufigkeit des Auftretens von anomalen Pixeln verfolgt werden. Zweitens wird der Softwarealgorithmus einfach gehalten, damit eine minimale Auswirkung auf die Rate vorliegt, mit der Daten zum Hauptrechner übertragen werden, so daß, während ein Vollbild auf fehlerhafte Pixel abgetastet wird, nachfolgende Vollbilder nicht aufgehalten werden. Die maximale Auswirkung des Softwarealgorithmus ist schlimmstenfalls die Verringerung der Videodatenübertragungsrate von 10 Vollbildern pro Sekunde (fps, frames per second) auf 9 fps. Drittens wird der Softwarealgorithmus derart einfach gehalten, daß die Last des Hauptrechnerprozessors nicht um mehr als 1% erhöht wird, wenn der Algorithmus ausgeführt wird. Die anomalen Pixel werden in einem Vollbild erkannt und die Korrekturen werden später an nachfolgenden Vollbildern eingeleitet, wenn sie aus dem Bildsensor ausgelesen werden.

Die dynamische Erkennung und Korrektur von fehlerhaften Pixeln ist aus mehreren Gründen wichtig. Vor allem kann die Bildqualität signifikant verbessert werden, und zweitens können die Sensorkosten durch Erhöhen der Ausbeute oder Verwendbarkeit von ansonsten Ausschußsensoren wesentlich verringert werden. Eine auf einer dynamischen intelligenten Hauptrechner-Softwareanwendung basierende Erkennung und Korrektur von anomalen Pixeln weist verschiedene zusätzliche Kosten- und Qualitätsvorteile gegenüber den üblichen Methoden auf Hardwarebasis auf. Erstens verringert sie die Herstellungskosten, indem während der Produktmontage und -prüfung nicht ein Speicher hinzugefügt und programmiert werden muß. Zweitens ermöglicht sie weitere Verringerungen der Kosten, indem nicht die Korrekturlogik in die Videoverarbeitungs-ASIC eingeschlossen wird. Schließlich ermöglicht sie die Korrektur von Pixelrohdaten, die von Sensorphotozellen gewonnen werden, welche mit der Zeit und mit Betriebsumgebungsänderungen fehlerhaft werden können.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

FIG. 1 ist ein vereinfachtes Blockdiagramm eines Systems gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

FIG. 2 stellt einen vereinfachten Ablaufplan eines Verfahrens zum Erkennen und Korrigieren von fehlerhaften Pixeln gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dar.

BESCHREIBUNG DER SPEZIELLEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

FIG. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, das auf einem intelligenten Hauptrechnerprozessor 114 laufende Softwarealgorithmen verwendet, um fehlerhafte oder anomale Pixel dynamisch zu korrigieren. Bei einem Ausführungsbeispiel ist der intelligente Hauptrechner ein Server oder ein PC. Das System umfaßt einen Bildsensor 110, um ein Bild zu erfassen, einen intelligenten Hauptrechner 101 mit einem Prozessor 114, um das im Speicher 118 gespeicherte Computerprogramm auszuführen, und einen Systembus 112, um den Vorrichtungsdialogverkehr zu erleichtern. Die Bildsensormatrix kann eine Bildsensormatrix mit entweder ladungsgekoppelten Bauelementen (CCD) oder komplementären Metalloxidhalbleitern (CMOS) sein, die typischerweise Teile einer Video- oder Standbild-Digitalkamera sind. Der Bildsensor 110 steht mit dem Hauptrechner 101 über einen externen Bus 111 in Dialogverkehr, welcher ein universeller serieller Bus (USB) oder ein paralleler Anschluß sein kann. Auf die Übertragung von geeigneten Aufrufen zwischen dem Prozessor 114 und dem Bildsensor 110 hin wird das Computerprogramm in den Speicher 116 geladen.

Das System arbeitet durch Auslesen oder Abtasten der Bildrohdaten aus einer Bildaufnahmevorrichtung 110 nach Pixeln, die in der Intensität von ihren benachbarten Pixeln um mehr als ein spezielles Ausmaß abweichen. Die Bildsensor-Rohdaten sind das unverarbeitete Helligkeitsdaten-Ausgangssignal, das vom Bildsensor erhalten wird und das nicht irgendeine verlustbehaftete Komprimierung oder Farbverarbeitung durchlaufen hat. Der Bildsensor liest eine analoge Spannung oder einen analogen Strom, wandelt in digital um und sendet das Signal oh-

ne Weiterverarbeitung oder Komprimierung zu einem Hauptrechner. Die Photostellen auf dem Bildsensor werden verwendet, um entweder digitale Farb- oder Monochrom-Stand- oder -Videobilder zu erfassen. Die Bildrohdaten werden über einen Bus mit einer Datenübertragungsrate, die durch das Busprotokoll des speziellen Busses, wie z.B. eines universellen seriellen Busses (USB) oder eines parallelen Anschlusses, festgelegt ist, zum intelligenten Hauptrechner gesandt.

Die Bildsensor-Rohdaten, der Ort und die Häufigkeit des Auftretens jedes fehlerhaften Pixels und die Ergebnisse aller Zwischenberechnungen, die vom Computerprogramm ausgeführt werden, werden alle im Speicher 116 gespeichert. Andere Algorithmen werden dann verwendet, um die Werte von benachbarten Pixeln eines anomalen Pixels zu mitteln, um die Daten von dem fehlerhaften Pixel zu ersetzen. Die korrigierten Daten können dann weiterverarbeitet und schließlich auf dem Monitor 120 angezeigt werden. Das Verfahren umfaßt eine Videounterabtastung, was bedeutet, daß die Erkennung in verschiedenen Vollbildintervallen ausgeführt und wiederholt wird. Die Videounterabtastung wird an einem von jeweils 128 (1/128) Vollbildern ausgeführt. Alternativ kann die Videounterabtastung an jeweils 1/64 Videovollbildern ausgeführt werden. Und noch bei einem zusätzlichen Ausführungsbeispiel wird die Videounterabtastung an jeweils $1/(n \text{ mal } X)$ Vollbildern ausgeführt, wobei n eine ganze Zahl ist und X nicht gleich 50 oder 60 ist. 50 und 60 entsprechen 50 Hz und 60 Hz, welche Wechselstrom-Beleuchtungsfrequenzen sind, die in den Vereinigten Staaten bzw. Europa verwendet werden. Auf diese Art und Weise wird sichergestellt, daß anomale Rohdatenpixel keine Bildfehler der künstlichen Beleuchtungssysteme sind. Die Verwendung der Videounterabtastung ermöglicht schnelle und optimale Korrekturen ohne die Notwendigkeit, jedes Vollbild abzutasten, was sich auf die Verarbeitungsgeschwindigkeit des Prozessors und des Systems nachteilig auswirken würde. Natürlich wird keine Videounterabtastung verwendet, wenn fehlerhafte Pixel in Standbildern erkannt und korrigiert werden.

30

Eine statistische Datenbank, die den Ort und die Häufigkeit des Auftretens von fehlerhaften Pixeln aufzeichnet, wird erzeugt und im Speicher 116 gespeichert, um zu ermöglichen, daß das System seine Operation mit der Zeit lernt und anpaßt. Die Tendenzen aus der statistischen Datenbank werden gespeichert, so daß

wahrhaft anomale Pixel mit der Zeit von der falschen Erkennung von echten Anomalien in dem Zielbild, Beleuchtung oder anderen durch die Umgebung induzierten Anomalien unterschieden werden können. Die Operationslogik der statistischen Datenbank und die Einzelheiten der Operation des Computerprogramms werden nachstehend beschrieben.

FIG. 2 stellt einen vereinfachten Ablaufplan dar, der die Wirkungsweise des Softwareprogramms beschreibt, das in einem System zum Erkennen und Korrigieren von fehlerhaften Pixeln gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung implementiert wird. Der erste Schritt bei der Erkennung und Korrektur von fehlerhaften Pixeln umfaßt das Erfassen eines Teils eines Vollbildes von Bildrohdaten von einer Bildsensormatrix, Schritt 210. Die Bildrohdaten können Daten sein, die einer Liveszene entsprechen, welche digitalisiert werden, oder sie können Daten sein, die einer Kalibrierung oder einem "schwarzen" Hintergrundbild entsprechen. Das "schwarze" Hintergrundbild kann durch Verringern der Integrationszeit der Sensormatrix oder durch Verringern der Verstärkung des Bildsignals erhalten werden. Die Rohdaten vom "schwarzen" Bild können verwendet werden, um überaktive Photostellen zu erkennen. Die dem "schwarzen" Bild entsprechenden Rohdaten müssen ebenfalls schwarz sein, und wenn irgendein Pixel dies nicht ist, dann entspricht es einer überaktiven Photostelle. Die Verwendung des "schwarzen" Bildes kann die Erkennung von fehlerhaften Pixeln durch Entfernen von irgendwelchen Helligkeitsabweichungen, die von der Szene selbst stammen, verbessern.

Obwohl die Daten von einem gesamten Vollbild für die Erkennung und Korrektur von fehlerhaften Pixeln auf einmal verarbeitet werden können, beginnt der Algorithmus seine Funktion, sobald die Daten von drei Zeilen aus dem Bildsensor am Hauptrechner eingetroffen sind. Drei Zeilen von Daten aus der Bildsensormatrix ermöglichen die Verarbeitung von Daten für ein Pixel und alle seine umgebenden Nachbarn. Wenn die Sensormatrix zum Erfassen von Videobildern verwendet wird, wird überdies die Videounterabtastung verwendet, so daß nicht jedes Vollbild des von der Bildsensormatrix erfaßten Videos für die Operation der Erkennung von fehlerhaften Pixeln erforderlich ist. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die Fehlererkennung wie vorstehend beschrieben in vorbestimmten

Vollbildintervallen ausgeführt und die Korrektur wird auf alle Videovollbilder angewendet. Die vernünftige Verwendung der Videounterabtastung ermöglicht, daß das Verfahren sehr schnell und effizient ist.

- 5 Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel wird keine Videounterabtastung verwendet, so daß die Erkennung von fehlerhaften Pixeln an jedem Videovollbild ausgeführt wird. Die Verwendung der Videounterabtastung ist eine Funktion der Geschwindigkeit des Prozessors des intelligenten Hauptrechners. Wenn ein Prozessor schnell genug ist, um eine Erkennung von anomalen Pixeln in jedem Voll-
- 10 bild zu ermöglichen, dann wird die Videounterabtastung nicht verwendet. Wenn der Prozessor andererseits nicht schnell genug ist, um eine Videoverarbeitung mit einer gewünschten Vollbildrate zu ermöglichen, dann wird die Videounterabtastung verwendet, um die Datenübertragung mit dieser gewünschten Vollbildrate sicherzustellen. Ohne die Videounterabtastung ist die Korrektur von anomalen
- 15 Pixeln unmittelbar, so daß Fehler genau in dem Vollbild, in dem sie erkannt werden, korrigiert werden. Mit der Videounterabtastung wird die Korrektur von anomalen Pixeln verzögert, bis ein Vollbild abgetastet ist, um anomale Pixel zu erkennen. Daher sind die Wahl der Verwendung der Videounterabtastung und der Rate der Unterabtastung eine Funktion der Prozessorgeschwindigkeit und einer Abwägung
- 20 zwischen der Prozessorleistung und der Verzögerung vor der Korrektur.

- Nach der Datenerfassung werden für jedes der erfaßten Pixel der lokale Pixelhelligkeitswert und auch der mittlere Helligkeitswert aller seiner unmittelbar benachbarten Pixel berechnet und gespeichert, Schritt 212. Als nächstes wird ein Abwei-
- 25 chungsschwellenwert festgelegt, Schritt 214. Die Abweichungsschwelle legt das annehmbare Niveau der Varianz zwischen dem Helligkeitswert eines Pixels und dem mittleren Helligkeitswert aller seiner unmittelbar benachbarten Pixel fest. Als nächstes wird für jedes erfaßte Pixel eine lokale Helligkeitsabweichung berechnet, Schritt 216. Die lokale Helligkeitsabweichung ist der Absolutwert der Differenz
- 30 zwischen dem Helligkeitswert eines Pixels und dem Mittelwert des Helligkeitswerts aller seiner unmittelbar benachbarten Pixel.

Als nächstes wird für jedes Pixel, dessen Daten erfaßt wurden, seine lokale Helligkeitsabweichung mit der Abweichungsschwelle verglichen, Schritt 218. Jedes

Pixel, dessen lokale Helligkeitsabweichung den Schwellenabweichungswert übersteigt, wird dann als fehlerhaftes Pixel gekennzeichnet. Der physische Ort und die Häufigkeit des Auftretens jedes fehlerhaften Pixels wird dann in einer statistischen Datenbank aufgezeichnet, Schritt 220. Die statistische Datenbank wird dann
5 abgefragt, um festzustellen, ob der Datenwert des fehlerhaften Pixels korrigiert werden sollte, Schritt 222. Die statistische Datenbank entwickelt durch Speichern des Orts und der Häufigkeit der fehlerhaften Pixel mit der Zeit Tendenzen, die bestätigen, welches der fehlerhaften Pixel eine Korrektur rechtfertigt. Die Logik der Tendenzen von der statistischen Datenbank rechtfertigt anfänglich eine
10 Korrektur aller gekennzeichneten fehlerhaften Pixel als Vorgabe und rechtfertigt mit der Zeit eine Pixelkorrektur nur, wenn ein spezielles Pixel eine Auftrethäufigkeit von mindestens zwei aus den letzten vier Abfragen aufweist.

Die fehlerhaften Pixel, die durch den Filter der statistischen Datenbank gelaufen
15 sind, werden als nächstes korrigiert, Schritt 224. Um ein fehlerhaftes Pixel zu korrigieren, werden die fehlerhaften Helligkeitsrohdaten für ein fehlerhaftes Pixel durch den lokalen mittleren Helligkeitswert dieses Pixels ersetzt, welcher der mittlere Helligkeitswert aller seiner unmittelbar benachbarten Pixel ist. Als nächstes werden die korrigierten Daten von den fehlerhaften Pixeln sowie Daten von nicht
20 fehlerhaften Pixeln vorbereitet, damit sie zur anschließenden Verarbeitung gesandt werden, Schritt 226. Die anschließende Verarbeitung kann eine Komprimierung, Farbverarbeitung und Codierung in Datenformate, die sich zur Anzeige eignen, umfassen. Die Erkennung und Korrektur von fehlerhaften Pixeln wird an den Rohdaten von der Bildsensormatrix ausgeführt, da es bevorzugt ist, die Daten zu
25 korrigieren, bevor irgendeine anschließende Verarbeitung stattgefunden hat, da diese Verarbeitung selbst Bildfehler einführen kann, die von Bildfehlern, die infolge fehlerhafter Photostellen erzeugt wurden, schwierig zu unterscheiden sind.

Der Softwarealgorithmus wird absichtlich sehr einfach gehalten, so daß die Pro-
30 zessorlast und/oder die Videobildrate minimal beeinflußt wird. Erstens wird der Softwarealgorithmus einfach gehalten, da er nur drei Funktionen erfüllt, nämlich die Erkennung, Korrektur und Statistikfunktionen. Die Statistikroutine wird einfach gehalten, da nur Positionsinformationen und die Häufigkeit des Auftretens von anomalen Pixeln verfolgt werden. Zweitens wird der Softwarealgorithmus einfach

gehalten, damit eine minimale Auswirkung auf die Rate vorliegt, mit der Daten zum Hauptrechner übertragen werden, so daß, während ein Vollbild auf fehlerhafte Pixel abgetastet wird, nachfolgende Vollbilder nicht aufgehalten werden. Die maximale Auswirkung des Softwarealgorithmus ist schlimmstenfalls die Verringerung der Videodatenübertragungsrate von 10 Vollbildern pro Sekunde (fps) auf 9 fps. Drittens wird der Softwarealgorithmus derart einfach gehalten, daß die Last des Hauptrechnerprozessors nicht um mehr als 1% erhöht wird, wenn der Algorithmus ausgeführt wird. Die anomalen Pixel werden in einem Vollbild erkannt und die Korrekturen werden später an nachfolgenden Vollbildern eingeleitet, wenn sie aus dem Bildsensor ausgelesen werden.

Wenn das System arbeitet, werden folglich, wenn Bildrohdaten vom Bildsensor erhalten und zur Verarbeitung auf einem Hauptrechner gesandt werden, Vollbilder zur Erkennung und Korrektur von fehlerhaften Pixeln, wie vorstehend beschrieben, erfaßt. Wenn ein fehlerhaftes Pixel einmal identifiziert wurde und seine Korrektur durch die statistische Datenbank gerechtfertigt wurde, fährt diese Korrektur für alle nachfolgenden Vollbilder fort, bis die nächste Abfrage an die statistische Datenbank ausgeführt wird. Wenn zu diesem Zeitpunkt das anfänglich gekennzeichnete fehlerhafte Pixel weiterhin als ein fehlerhaftes festgelegt wird, dann fahren die Korrekturen fort, wie vorstehend beschrieben. Wenn andererseits die statistische Datenbank die Korrektur von fehlerhaften Pixeln nicht rechtfertigt, dann werden diese Pixel nicht mehr korrigiert, bis die nächste Abfrage an die statistische Datenbank durchgeführt wird. Die dynamische Art dieses Systems ermöglicht auch Korrekturen von Daten von Photostellen, die mit der Zeit aufgrund von Umgebungsänderungen nach der Herstellung fehlerhaft werden.

Das statistische Analysesegment des Fehlererkennungs- und -korrekturalgorithmus ist ein wahlfreies. Es zielt auf die Steigerung der Effizienz der Pixelkorrekturen ab, um keine Anomalien zu korrigieren, die nicht durch fehlerhafte Photostellen verursacht wurden, und spart daher Verarbeitungszeit und -last. Die Verstärkungen der Effizienz müssen jedoch gegen die durch den statistischen Analyseteil selbst auferlegte Belastung abgewogen werden. Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel, das den statistischen Analyseteil nicht verwendet, werden alle Pixel, die als fehlerhaft gekennzeichnet werden, korrigiert. Wie bei der Wahl der

Verwendung oder nicht Verwendung der Videounterabtastung hängt die Entscheidung für die Verwendung des statistischen Analyseteils des Fehlererkennungs- und -korrekturalgorithmus von einer Abwägung zwischen der Effizienz und der Prozessorleistung ab. Wenn der Prozessor schnell genug ist, dann sind Effizienzbelange nicht so wichtig. Wenn der Prozessor andererseits nicht schnell genug ist, dann wird die Pixelkorrekturreffizienz wichtig genug, um die Implementierung des statistischen Analyseteils des Fehlererkennungs- und -korrekturalgorithmus zu rechtfertigen.

- 10 Wie für Fachleute selbstverständlich ist, kann die vorliegende Erfindung in anderen speziellen Formen verkörpert werden, ohne von deren wesentlichen Eigenschaften abzuweichen. Die Rate der Videounterabtastung könnte beispielsweise verändert oder diese überhaupt nicht ausgeführt werden. Alternativ könnte die Logik der wahlfreien statistischen Datenbank von einer zum Korrigieren von fehlerhaften Pixeln als Vorgabe zu einer, bei der fehlerhafte Pixel nur korrigiert werden, wenn dies durch die Tendenzen von der statistischen Datenbank gerechtfertigt wird, geändert werden. Folglich soll die vorangehende Offenbarung den Schutzbereich der Erfindung, der in den folgenden Ansprüchen dargelegt ist, erläutern, aber nicht einschränken.

LOGITECH, INC.

Anwaltsakte: 25759

Deutsche Gebrauchsmusteranmeldung 200 19 915.3

5 **Dynamische Erkennung und Korrektur von anomalen Pixeln**

ANSPRÜCHE:

10

1. System zum Erkennen und Korrigieren von fehlerhaften Pixeln in Rohdaten, die von einem Bildsensor gewonnen werden, der zum Erhalten eines digitalisierten Bildes verwendet wird, wobei die Rohdaten normale Pixel und fehlerhafte Pixel enthalten, wobei das System ausgelegt ist, die folgenden Schritte durchzuführen:

15

- (a) Empfangen eines Rohdatensignals für jedes Pixel in dem Bild;
(b) Berechnen eines Helligkeitswerts für jedes von dem Bildsensor empfangene Pixel;

20

- (c) Berechnen eines lokalen Helligkeitswerts für jedes von dem Bildsensor empfangene Pixel;
(d) Berechnen einer lokalen Helligkeitsabweichung des Helligkeitswerts von dem lokalen Helligkeitswert für jedes vom Bildsensor empfangene Pixel;
(e) Festlegen einer Abweichungsschwelle;

25

- (f) für jedes vom Bildsensor empfangene Pixel Vergleichen seiner lokalen Helligkeitsabweichung mit der Abweichungsschwelle und Festlegen von Pixeln mit lokalen Helligkeitsabweichungen, die größer sind als die Abweichungsschwelle, als fehlerhafte Pixel;

30

- (g) Aufzeichnen des Orts der fehlerhaften Pixel in einer statistischen Datenbank;
(h) Aufzeichnen der Häufigkeit des Auftretens der fehlerhaften Pixel in der statistischen Datenbank; und

(i) Korrigieren des Helligkeitswerts der fehlerhaften Pixel, vorausgesetzt, daß die Korrektur durch Tendenzen von der statistischen Datenbank gerechtfertigt ist.

- 5 2. System nach Anspruch 1, wobei der lokale Helligkeitswert das arithmetische Mittel der Helligkeitswerte aller Pixel, die zu dem Pixel unmittelbar benachbart sind und dieses umgeben, ist.
- 10 3. System nach Anspruch 1, wobei die lokale Helligkeitsabweichung der Absolutwert der Differenz zwischen dem Helligkeitswert des Pixels und dem lokalen Helligkeitswert des Pixels ist.
- 15 4. System nach Anspruch 1, wobei die Korrektur durch Ersetzen des Helligkeitswerts des fehlerhaften Pixels durch den lokalen Helligkeitswert des fehlerhaften Pixels erreicht wird.
- 20 5. System nach Anspruch 1, welches die Erkennung und Korrektur der fehlerhaften Pixel dynamisch und ohne irgendeinen Eingriff einer Bedienperson durchführt.
- 25 6. System nach Anspruch 1, wobei der Bildsensor ein Teil einer digitalen Videokamera ist.
- 30 7. System nach Anspruch 1, wobei der Bildsensor ein Teil einer digitalen Standbildkamera ist.
8. System nach Anspruch 1, wobei der Bildsensor entweder (a) eine Bildsensormatrix mit ladungsgekoppelten Bauelementen (CCD) oder (b) eine Bildsensormatrix mit komplementären Metalloxidhalbleitern (CMOS) ist.
9. System nach Anspruch 1, wobei die Rohdaten die unverarbeiteten Helligkeitswertdaten sind, die vom Bildsensor ausgegeben werden und die weder eine verlustbehaftete Komprimierung noch eine Farbverarbeitung durchlaufen haben.

- 5 10. System nach Anspruch 1, welches ausgelegt ist, das Erkennen und Korrigieren an einem Teil der Rohdaten, die von der Bildsensormatrix erhalten werden, entsprechend einem Teil eines Vollbildes eines Videobildes durchzuführen.
- 10 11. System nach Anspruch 1, welches ausgelegt ist, das Erkennen und Korrigieren an einem Teil der Rohdaten, die von der Bildsensormatrix erhalten werden, entsprechend einem Teil eines digitalen Standbildes durchzuführen.
- 15 12. System nach Anspruch 1, wobei die statistische Datenbank durch Speichern des Orts und der Häufigkeit von fehlerhaften Pixeln mit der Zeit Tendenzen entwickelt, die bestätigen, welche der fehlerhaften Pixel für die Pixelkorrektur gerechtfertigt sind, wobei die Tendenzen anfänglich die Pixelkorrektur als Vorgabe rechtfertigen und mit der Zeit die Pixelkorrektur nur rechtfertigen, wenn ein spezielles fehlerhaftes Pixel eine Auftrethäufigkeit von mindestens zwei aus vier Abfragen aufweist.
- 20 13. System nach Anspruch 1, wobei das Erkennen eine Videounterabtastung umfaßt, wobei unter Verwendung der Videounterabtastung die Erkennung an Videodaten-Vollbildern mit einer Rate zwischen einem von jeweils 128 Videovollbildern und 1 von jeweils 32 Videovollbildern ausgeführt wird, und wobei die Korrektur an jedem Videodaten-Vollbild kontinuierlich ist.
- 25 14. System nach Anspruch 1, wobei das Erkennen eine Videounterabtastung umfaßt, wobei unter Verwendung der Videounterabtastung die Erkennung an Videodaten-Vollbildern mit einer Rate von einem von jeweils n mal X Vollbildern ausgeführt wird, wobei n eine ganze Zahl ist und wobei X weder gleich 50 noch 60 ist.
- 30 15. Dynamisches System, das keinen Benutzereingriff erfordert, zum Erkennen und Korrigieren von fehlerhaften Pixeln in Rohdaten, die von einem Bildsensor gewonnen werden, welcher ein Teil von (a) einer digitalen Videokamera oder (b) einer digitalen Standbildkamera ist, welches zum Erhalten ei-

nes digitalisierten Bildes, das von einer Kamera abgetastet wird und über einen Bus zu einem PC übertragen wird, verwendet wird, wobei die Rohdaten normale Pixel und fehlerhafte Pixel enthalten, wobei das System ausgelegt ist, die folgenden Schritte durchzuführen:

- 5 (a) Empfangen von Rohdatensignalen für jedes Pixel aus dem Bild;
 - (b) Berechnen eines Helligkeitswerts für jedes von dem Bildsensor empfangene Pixel;
 - (c) Berechnen eines lokalen Helligkeitswerts für jedes von dem Bildsensor empfangene Pixel, wobei der lokale Helligkeitswert das arithmetische Mittel
 - 10 der Helligkeitswerte aller Pixel, die zu dem Pixel unmittelbar benachbart sind und dieses umgeben, ist;
 - (d) Berechnen einer lokalen Helligkeitsabweichung des Helligkeitswerts von dem lokalen Helligkeitswert für jedes vom Bildsensor empfangene Pixel, wobei die lokale Helligkeitsabweichung der Absolutwert der Differenz zwischen
 - 15 dem Helligkeitswert des Pixels und dem lokalen Helligkeitswert des Pixels ist;
 - (e) Festlegen einer Abweichungsschwelle;
 - (f) für jedes vom Bildsensor empfangene Pixel Vergleichen seiner lokalen Helligkeitsabweichung mit der Abweichungsschwelle und Festlegen von Pixeln mit lokalen Helligkeitsabweichungen, die größer sind als die Abwei-
 - 20 chungsschwelle, als fehlerhafte Pixel;
 - (g) Aufzeichnen des Orts der fehlerhaften Pixel in einer statistischen Datenbank;
 - (h) Aufzeichnen der Häufigkeit des Auftretens der fehlerhaften Pixel in der statistischen Datenbank; und
 - 25 (i) Korrigieren des Helligkeitswerts der fehlerhaften Pixel, vorausgesetzt, daß die Korrektur durch Tendenzen von der statistischen Datenbank gerechtfertigt ist, wobei die Korrektur durch Ersetzen des Helligkeitswerts des fehlerhaften Pixels durch den lokalen Helligkeitswert des fehlerhaften Pixels erreicht wird, wobei die statistische Datenbank die Pixelkorrektur rechtfertigt,
 - 30 wenn ein spezielles fehlerhaftes Pixel eine Auftrethäufigkeit von mindestens zwei aus vier Abfragen aufweist; und
- wobei das Erkennen an Videodaten mit einer Rate von (a) zwischen einem von jeweils 128 Videovollbildern und 1 von jeweils 32 Videovollbildern oder (b) einem von jeweils n mal X Vollbildern, wobei n eine ganze Zahl ist und X

weder gleich 50 noch 60 ist, ausgeführt wird, und wobei die Korrektur an jedem Videodaten-Vollbild kontinuierlich ausgeführt wird.

16. System zum Erkennen und Korrigieren von fehlerhaften Pixeln in Rohdaten, die von einem Bildsensor gewonnen werden, welcher verwendet wird, um ein digitalisiertes Bild zu erhalten, wobei die Rohdaten normale Pixel und fehlerhafte Pixel enthalten, wobei das System folgendes umfaßt:
- (a) einen Bildsensor zum Aufzeichnen eines Bildes einer Szene, wobei der Bildsensor ein Raster von Photostellen enthält, um auf die Photostellen scheinendes Licht in elektrische Ladungen umzuwandeln, wobei die elektrischen Ladungen in eine Reihe von analogen Ladungen umgewandelt werden, die dann durch einen Analog-Digital-Wandler in digitale Signale umgewandelt werden, wenn das Bild aus dem Sensor ausgelesen wird; und
- (b) einen intelligenten Hauptrechner, der dazu konfiguriert ist, die digitalen Signale von dem Bildsensor zu empfangen, wobei der intelligente Hauptrechner ein Computerprogrammprodukt aufweist mit:
- (i) einem computernutzbaren Medium mit einem darin verkörperten maschinenlesbaren Code zum Veranlassen der Erkennung und Korrektur der fehlerhaften Pixel, wobei das Computerprogrammprodukt folgendes umfaßt:
- (1) Vorrichtungen für den maschinenlesbaren Programmcode, die dazu konfiguriert sind, zu veranlassen, daß ein Computer ein Rohdatensignal für jedes Pixel in dem Bild empfängt;
- (2) Vorrichtungen für den maschinenlesbaren Programmcode, die dazu konfiguriert sind, zu veranlassen, daß ein Computer für jedes vom Bildsensor empfangene Pixel einen Helligkeitswert berechnet;
- (3) Vorrichtungen für den maschinenlesbaren Programmcode, die dazu konfiguriert sind, zu veranlassen, daß ein Computer für jedes vom Bildsensor empfangene Pixel einen lokalen Helligkeitswert berechnet;
- (4) Vorrichtungen für den maschinenlesbaren Programmcode, die dazu konfiguriert sind, zu veranlassen, daß ein Computer für jedes vom Bildsensor empfangene Pixel eine lokale Helligkeitsabweichung des Helligkeitswerts von dem lokalen Helligkeitswert berechnet;
- (5) Vorrichtungen für den maschinenlesbaren Programmcode, die dazu konfiguriert sind, zu veranlassen, daß ein Computer eine Abweichungsschwelle

festlegt, die in Verbindung mit der lokalen Helligkeitsabweichung verwendet werden soll;

(6) Vorrichtungen für den maschinenlesbaren Programmcode, die dazu konfiguriert sind, zu veranlassen, daß ein Computer für jedes Pixel seine lokale Helligkeitsabweichung mit der Abweichungsschwelle vergleicht und Pixel mit lokalen Helligkeitsabweichungen, die größer sind als die Abweichungsschwelle, als fehlerhafte Pixel festlegt;

(7) Vorrichtungen für den maschinenlesbaren Programmcode, die dazu konfiguriert sind, zu veranlassen, daß ein Computer den Ort der fehlerhaften Pixel in einer statistischen Datenbank aufzeichnet;

(8) Vorrichtungen für den maschinenlesbaren Programmcode, die dazu konfiguriert sind, zu veranlassen, daß ein Computer die Häufigkeit des Auftretens der fehlerhaften Pixel in der statistischen Datenbank aufzeichnet; und

(9) Vorrichtungen für den maschinenlesbaren Programmcode, die dazu konfiguriert sind, zu veranlassen, daß ein Computer den Helligkeitswert der fehlerhaften Pixel korrigiert, vorausgesetzt, daß die Korrektur durch Tendenzen von der statistischen Datenbank gerechtfertigt ist.

17. System nach Anspruch 16, wobei der Bildsensor die digitalen Signale über einen Bus zum intelligenten Hauptrechner überträgt, wobei der Bus den Bildsensor mit dem intelligenten Hauptrechner verbindet.

18. System nach Anspruch 16, wobei der intelligente Hauptrechner ein Server ist.

19. System nach Anspruch 16, wobei der intelligente Hauptrechner ein Personalcomputer ist.

20. System nach Anspruch 16, wobei der lokale Helligkeitswert das arithmetische Mittel der Helligkeitswerte aller Pixel, die zu dem Pixel unmittelbar benachbart sind und dieses umgeben, ist.

21. System nach Anspruch 16, wobei die lokale Helligkeitsabweichung der Absolutwert der Differenz zwischen dem Helligkeitswert des Pixels und dem lokalen Helligkeitswert des Pixels ist.
- 5 22. System nach Anspruch 16, wobei die Korrektur durch Ersetzen des Helligkeitswerts des fehlerhaften Pixels durch den lokalen Helligkeitswert des fehlerhaften Pixels erreicht wird.
- 10 23. System nach Anspruch 16, wobei die Bildsensormatrix entweder (a) eine Bildsensormatrix mit ladungsgekoppelten Bauelementen (CCD) oder (b) eine Bildsensormatrix mit komplementären Metalloxidhalbleitern (CMOS) ist.
- 15 24. System nach Anspruch 16, wobei die Rohdaten die unverarbeiteten Helligkeitswertdaten sind, die vom Bildsensor ausgegeben werden und die weder eine verlustbehaftete Komprimierung noch eine Farbverarbeitung durchlaufen haben.
- 20 25. System nach Anspruch 17, wobei der Bus (a) ein universeller serieller Bus (USB) oder (b) ein paralleler Anschluß ist.
26. System nach Anspruch 16, welches die Erkennung und Korrektur der fehlerhaften Pixel dynamisch und ohne irgendeinen Benutzereingriff durchführt.
- 25 27. System nach Anspruch 16, wobei der Bildsensor ein Teil einer digitalen Videokamera ist.
28. System nach Anspruch 16, wobei der Bildsensor ein Teil einer digitalen Standbildkamera ist.
- 30 29. System nach Anspruch 16, welches das Erkennen und Korrigieren an einem Teil der Rohdaten, die von der Bildsensormatrix erhalten werden, entsprechend einem Teil eines Vollbildes eines Videobildes durchführt.

30. System nach Anspruch 16, welches das Erkennen und Korrigieren an einem Teil der Rohdaten, die von der Bildsensormatrix erhalten werden, entsprechend einem Teil eines digitalen Standbildes durchführt.
- 5 31. System nach Anspruch 16, wobei die statistische Datenbank durch Speichern des Orts und der Häufigkeit von fehlerhaften Pixeln mit der Zeit Tendenzen entwickelt, die bestätigen, welche der fehlerhaften Pixel für die Pixelkorrektur gerechtfertigt sind, wobei die Tendenzen anfänglich die Pixelkorrektur als Vorgabe rechtfertigen und mit der Zeit die Pixelkorrektur nur rechtfertigen, wenn ein spezielles fehlerhaftes Pixel eine Auftrethäufigkeit
- 10 von mindestens zwei aus vier Abfragen aufweist.
32. System nach Anspruch 16, wobei das Computerprogramm veranlaßt, daß das Erkennen an Videodaten-Vollbildern mit einer Rate zwischen einem von
- 15 jeweils 128 Videovollbildern und 1 von jeweils 32 Videovollbildern ausgeführt wird, und das Computerprogramm veranlaßt, daß die Korrektur an jedem Videodaten-Vollbild kontinuierlich ausgeführt wird.
33. System nach Anspruch 16, wobei das Computerprogramm veranlaßt, daß das Erkennen an Videodaten-Vollbildern mit einer Rate von einem von je-
- 20 weils n mal X Vollbildern ausgeführt wird, wobei n eine ganze Zahl ist und wobei X weder gleich 50 noch 60 ist, und das Computerprogramm veranlaßt, daß die Korrektur kontinuierlich an jedem Videodaten-Vollbild ausgeführt wird.
- 25 34. System nach Anspruch 16, wobei das Computerprogrammprodukt aus einem Teil zum Erkennen anomaler Pixel, einem Teil zum Korrigieren anomaler Pixel und einem statistischen Analyseteil besteht.
- 30 35. System nach Anspruch 16, wobei die Ausführung des Computerprogrammprodukts die Prozessorlast um nicht mehr als zwischen 1 Prozent und 80 Prozent erhöht.

36. System nach Anspruch 16, wobei die Ausführung des Computerprogrammprodukts die Videoverarbeitung um nicht mehr als 1 Vollbild pro Sekunde verringert.

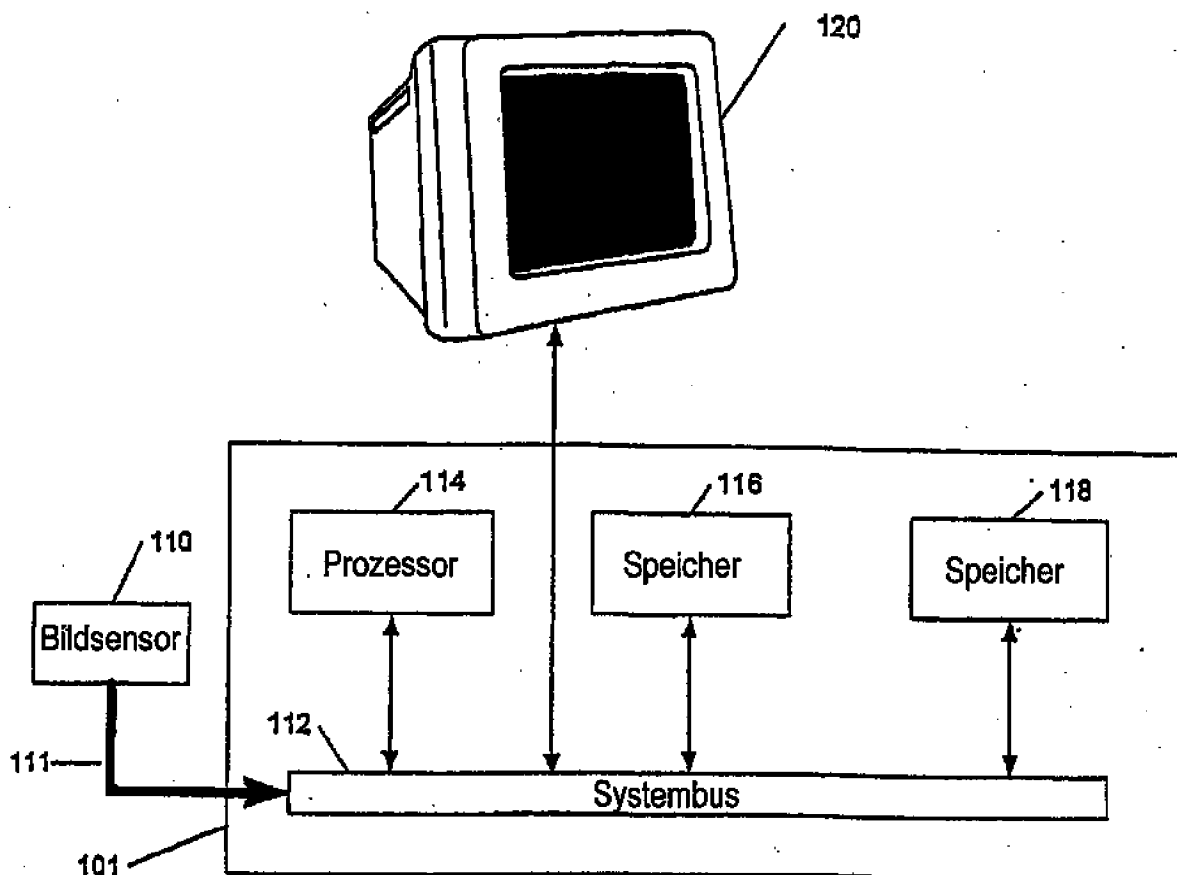


FIG. 1

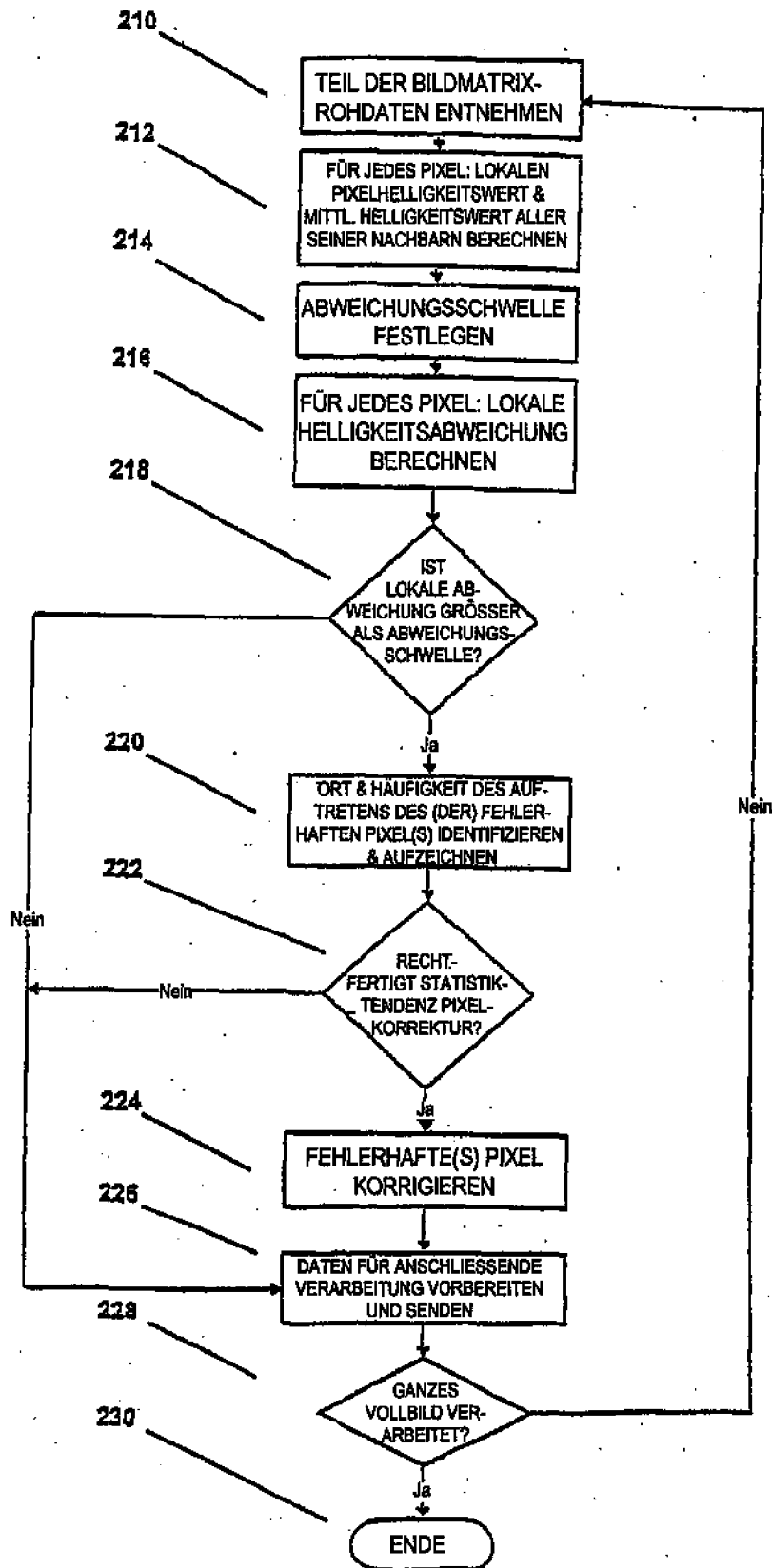


FIG. 2